

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua  
Sidang Akademik 1993/94

April 1994

EMK 401 - Permindahan Haba & Jisim

Masa : [3 jam]

---

**ARAHAN KEPADA CALON:**

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi LAPAN muka surat dan TIGA lampiran yang bercetak serta TUJUH soalan sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Jawab LIMA soalan sahaja.

Semua soalan MESTILAH dijawab dalam bahasa Melayu

Termasuk lampiran-lampiran:

1. Jadual : "Properties of Saturated Water"
2. Jadual : "Properties of Dry Air At Atmospheric Pressure"
3. Rajah : " $\epsilon$ -NTU Diagram of Heat Exchanger"

...2/-

1. [a] Terbitkan persamaan perpindahan haba pengaliran 3-D berikut:

$$\nabla^2 T + g/k = \frac{1}{\alpha} \frac{dT}{dt}$$

di mana  $g$  adalah haba dalaman terhasil per unit isipadu,  $k$  adalah keberaliran (thermal conductivity) dan  $\alpha$  adalah kemeresapan (thermal diffusivity).

(30 markah)

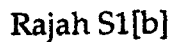
- [b] Suatu transistor didinginkan dengan meletakkannya ke dalam suatu sarung aluminium yang mempunyai 12 sirip (fin) membujur seperti ditunjukkan dalam Rajah S1[b]. Jejari transistor adalah  $r_1 = 2$  mm dan ketinggiannya  $H = 6$  mm. Panjang sirip adalah  $L = r_3 - r_2 = 100$  mm dan ketebalannya  $t = 0.7$  mm. Ketebalan dasar sarung (sleeve) adalah  $r_2 - r_1 = 1$  mm dan rintangan sentuh (contact resistance) antara muka sarung-transistor adalah  $R''_{tc} = 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ K/W}$ . Udara pada  $T_\infty = 20^\circ\text{C}$  mengalir disekeliling permukaan sirip menghasilkan pekali perolakan yang seragam  $h = 25 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Keberaliran sarung aluminium adalah  $k = 200 \text{ W/mK}$ .

- [i] Dengan menganggap perpindahan haba terjadi pada arah jejarian (radial), lakarkan analogi elektrik setara bagi perpindahan haba sistem di atas. Labelkan setiap rintangan termal.

(20 markah)

- [ii] Kirakan nilai setiap rintangan dalam litar di atas. Jika suhu transistor  $T_1 = 80^\circ\text{C}$ , apakah kadar perpindahan haba dari sarung tersebut.

(50 markah)



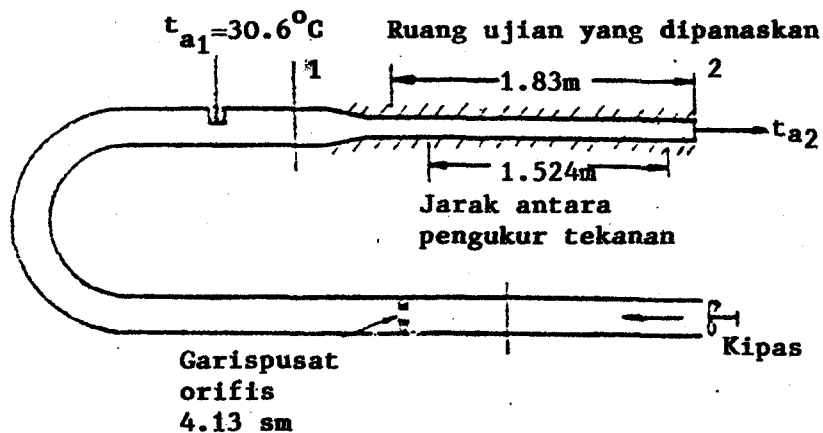
- (40 markah)

...4/-

Anggapkan nilai haba tentu udara  $C_p = 1.006 \text{ kJ/kgK}$ . Gunakan persamaan Dittus-Boelter,  $Nu = 0.023 Re^{0.8} Pr^{0.4}$ .

Kirakan nilai-nilai pekali perpindahan haba dan pekali geseran dan bandingkan dengan nilai-nilai yang didapati secara analogi Reynolds.

(60 markah)



Rajah S2[b]

3. [a] Dengan menggunakan kaedah kamiran (integral method) tunjukkan bahawa bagi perolakan semulajadi atas suatu plat menegak berketinggian  $L$ , nombor Nusselt purata adalah

$$Nu_L = 0.68 Gr_L^{\frac{1}{4}} Pr^{\frac{1}{2}} (0.952 + Pr)^{-\frac{1}{4}}$$

di mana

$$Nu_L = h L / K \quad \text{and} \quad Gr_L = \left[ g B (T_w - T_\alpha) L^3 / \gamma^2 \right]$$

...5/-

di mana Gr adalah nombor Grashoff, Pr adalah nombor Prandtl, g adalah pecutan graviti, B pekali pengembangan isipadu dan  $\gamma$  kelikatan kinematik.

(50 markah)

- [b] Suatu plat keluli 20 sm x 20 sm dengan ketebalan 0.5 sm dipanaskan secara seragam sehingga mencapai 430°C. Ia kemudiannya diletakkan menegak dalam udara tenang yang berada pada 20°C. Kirakan masa yang diambil oleh plat untuk mendingin sehingga mencapai 130°C. Anggapkan pendinginan terjadi secara 3 peringkat, dari 430°C ke 330°C, 330°C ke 230°C dan 230°C ke 130°C. Abaikan kesan pancaran. Ambil nilai ketumpatan keluli sebagai 7900 kg/m<sup>3</sup> dan nilai haba tentunya 0.46 kJ/kg.K.

Gunakan formula Churchill & Chu

$$\bar{Nu}_L = 0.68 + \frac{0.670 Ra_L^{\frac{1}{4}}}{\left[1 + 0.492/Pr^{\frac{9}{16}}\right]^{4/9}}$$

Formula ini boleh digunakan bagi semua nilai nombor Prandtl dan bagi julat nombor Reynolds  $10^{-1} < Re_L < 10^9$ .

(50 markah)

4. [a] Lakarkan dan bincangkan secara ringkas jenis-jenis penukar haba (heat exchanger) yang berlainan.

(20 markah)

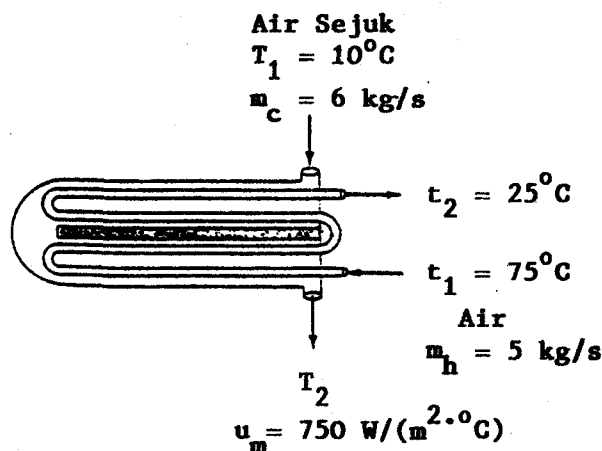
- [b] Jelaskan pengertian ungkapan LMTD (log mean temperature difference).

(20 markah)

...6/-

- [c] Suatu penukar haba dua-kelompok, empat tiub-laluan (two-shell, four tube-pass) seperti ditunjukkan dalam Rajah S4[c] digunakan bagi mendinginkan air yang mengalir pada kadar 5 kg/s dari 75°C ke 25°C pada sebelah tiub. Air sejuk memasuki pada sebelah kelompok (shell side) pada 10°C pada kadar 6 kg/s. Pekali pemindahan haba keseluruhan adalah 750 W/m<sup>2</sup>·°C. Kirakan luas permukaan pemindahan haba dan suhu keluar air pendingin dengan menggunakan kaedah  $\epsilon$ -NTU. Anggapkan nilai haba tentu air  $C_p = 4.19$  kJ/kgK.

(60 markah)



Rajah S4[c]

5. [a] Tunjukkan bahawa keberserapan (absorptivity) suatu jasad adalah sama dengan keberpencaran (emissivity) jika jasad tersebut berada dalam keadaan keseimbangan termal dengan persekitarannya.

(20 markah)

- [b] Dengan menggunakan hukum sinaran (radiation) Planck tunjukkan bahawa

$$(\lambda_{\max}) T = 2884 \text{ } [\mu\text{m}\cdot\text{K}]$$

di mana  $\lambda$  adalah panjang gelombang (wave length) dan  $T$  adalah suhu mutlak.

(30 markah)

...7/-

- [c] Kajian sinaran dalam sebuah relau menggunakan suatu plat kaca berukuran 20 sm x 25 sm bagi keadaan berikut:

Transmitivity = 0.4 bagi  $\lambda = 0.1$  ke  $4.0 \mu\text{m}$

Emissivity = 0.2 bagi  $\lambda \leq 4.0 \mu\text{m}$

= 0.8 bagi  $\lambda > 4.0 \mu\text{m}$

Suhu relau adalah 3000K dan ia boleh dianggapkan sebagai jasad hitam. Data berikut boleh digunakan:

$\lambda T$ ( $\mu\text{m.K}$ )	$\frac{E_b}{(\sigma T^4)}$
555.6	$0.17 \times 10^{-7}$
11,666.7	0.94104
12,222.2	0.94751

Kirakan tenaga yang dipindah (transmitted) dan tenaga yang diserap oleh kaca.

(50 markah)

6. [a] Jelaskan mengapa bagi perpindahan haba secara sinaran, faktor bentuk (shape factor) bergantung kepada geometri permukaan-permukaan dan tidak bergantung kepada suhu.

(20 markah)

- [b] Nyatakan anggapan-anggapan asas bagi Teknik Rangkaian Elektrik (Electrical Network Techniques) bagi menyelesaikan masalah-masalah perpindahan haba sinaran. Jelaskan bagaimana rangkaian sinaran diperolehi dalam ungkapan rintangan permukaan dan rintangan ruang (space resistance).

(30 markah)

- [c] Dua plat besar yang selari bertukar haba di antara satu sama lain. Suatu hadangan sinaran (radiation shield) yang mempunyai keber pancaran 0.05 diletakkan di antara kedua plat tersebut. Kirakan pengurangan perpindahan haba disebabkan oleh hadangan tersebut menggunakan "Electrical Network Technique". Keber pancaran plat-plat tersebut adalah 0.2 dan 0.9.

(50 markah)

7. [a] Air tersejat dari dasar sebuah tabung-uji (test tube) ke udara atmosfera yang kering. Jika penyejatan tersebut terjadi secara isothermal, tentukan kadar resapan (diffusion) air. Nyatakan anggapan-anggapan yang dibuat bagi membuat pengiraan ini.

(50 markah)

- [b] Suatu bebuli termometer dibalut dengan kain basah. Udara kering pada tekanan atmosfera mengalir melaluinya. Ia memberikan bacaan 20°C. Pada keadaan mantap, termometer tersebut tidak mengalami sebarang perpindahan tenaga bersih dan haba yang diperlukan bagi menyejat air dari kain diserap dari udara. Kirakan suhu udara kering. Ambil nilai nombor Lewis sebagai 0.85.

(50 markah)

\*\*\*\*\*



Jadual: "Properties of Saturated Water"

T	$p$	$\rho$	$C_p$	$\mu \times 10^3$	$k$	Pr	$\beta \times 10^4$	$\nu \times 10^6$	$\sigma \times 10^4$	$\lambda$
°C	kN/m <sup>2</sup>	kg m <sup>-3</sup>	kJ/kg-K	N-s/m <sup>2</sup>	W/m-K		K <sup>-1</sup>	m <sup>2</sup> /s	N/m	kJ/kg
0	0.61	999.9	4.212	1787.8	0.551	13.67	-0.63	1.789	756	2502
10	1.23	999.7	4.191	1305.3	0.575	9.52	+0.70	1.306	742	2477
20	2.34	998.2	4.183	1004.2	0.599	7.02	1.82	1.006	727	2453
30	4.25	995.7	4.174	801.2	0.618	5.42	3.21	0.805	712	2430
40	7.38	992.2	4.174	653.1	0.634	4.31	3.87	0.659	696	2406
50	12.35	988.1	4.174	549.2	0.648	3.54	4.49	0.556	679	2382
60	19.94	983.2	4.179	469.8	0.659	2.98	5.11	0.478	662	2358
70	31.19	977.8	4.187	406.0	0.668	2.55	5.70	0.415	644	2334
80	47.39	971.8	4.195	355.0	0.675	2.21	6.32	0.365	626	2309
90	70.14	965.3	4.208	314.8	0.680	1.95	6.95	0.326	608	2283
100	101.33	958.4	4.220	282.4	0.683	1.75	7.52	0.295	589	2257
110	143	951.0	4.233	258.9	0.685	1.60	8.08	0.272	569	2230
120	199	943.1	4.250	237.3	0.686	1.47	8.64	0.252	549	2203
130	270	934.8	4.267	217.7	0.686	1.36	9.19	0.233	528	2174
140	360	926.1	4.287	201.0	0.685	1.26	9.72	0.217	507	2144
150	476	917.0	4.313	186.3	0.684	1.17	10.3	0.203	485	2113
160	618	907.4	4.346	173.6	0.683	1.10	10.7	0.191	463	2081
170	792	897.3	4.380	162.8	0.679	1.05	11.3	0.181	441	2048
180	1002	886.9	4.417	153.0	0.675	1.00	11.9	0.173	420	2013
190	1256	876.0	4.459	144.2	0.670	0.96	12.6	0.165	398	1977
200	1553	863.0	4.505	136.3	0.663	0.93	13.3	0.158	376	1939

[EMK 401]

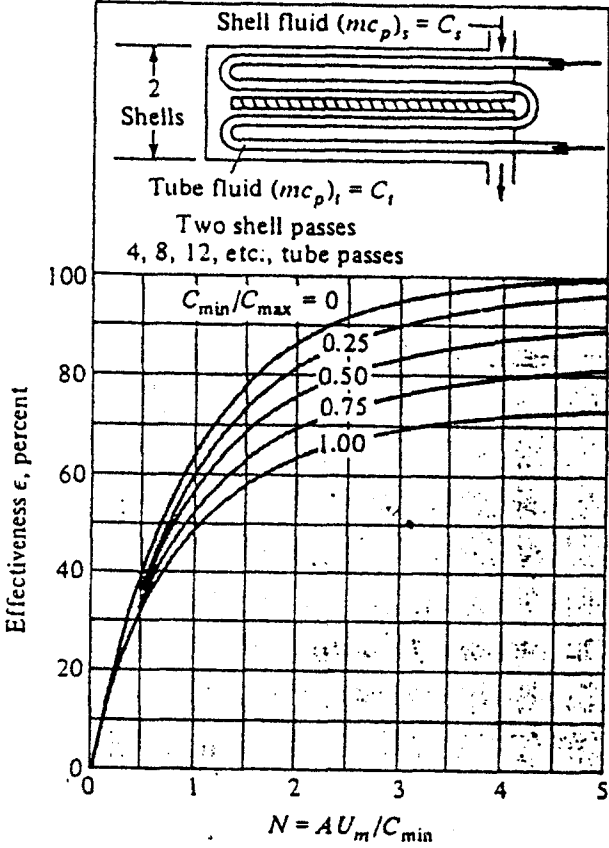
Lampiran

**Jadual: "Properties of Dry Air at Atmospheric Pressure"**

T	$\rho$	$C_p$	$\mu \times 10^6$	$k$	Pr	$\nu \times 10^6$
°C	kg/m <sup>3</sup>	kJ/kg·K	N·s/m <sup>2</sup>	W/m·K		m <sup>2</sup> /s
0	1.293	1.005	17.2	0.0244	0.707	13.28
10	1.247	1.005	17.7	0.0251	0.705	14.16
20	1.205	1.005	18.1	0.0259	0.703	15.06
30	1.165	1.005	18.6	0.0267	0.701	16.00
40	1.128	1.005	19.1	0.0276	0.699	16.96
50	1.093	1.005	19.6	0.0283	0.698	17.95
60	1.060	1.005	20.1	0.0290	0.696	18.97
70	1.029	1.009	20.6	0.0297	0.694	20.02
80	1.000	1.009	21.1	0.0305	0.692	21.09
90	0.972	1.009	21.5	0.0313	0.690	22.10
100	0.946	1.009	21.9	0.0321	0.688	23.13
120	0.898	1.009	22.9	0.0334	0.686	25.45
140	0.854	1.013	23.7	0.0349	0.684	27.80
160	0.815	1.017	24.5	0.0364	0.682	30.09
180	0.779	1.022	25.3	0.0378	0.681	32.49
200	0.746	1.026	26.0	0.0393	0.680	34.85
250	0.674	1.038	27.4	0.0427	0.677	40.61
300	0.615	1.047	29.7	0.0461	0.674	48.33
350	0.566	1.059	31.4	0.0491	0.676	55.46
400	0.524	1.068	33.0	0.0521	0.678	63.09
500	0.456	1.093	36.2	0.0575	0.687	79.38
600	0.404	1.114	39.1	0.0622	0.699	96.89
700	0.362	1.135	41.8	0.0671	0.706	115.4
800	0.329	1.156	44.3	0.0718	0.713	134.8
900	0.301	1.172	46.7	0.0763	0.717	155.1
1000	0.277	1.185	49.0	0.0807	0.719	177.1

[2/3]

Rajah: "ε - NTU Diagram of Heat Exchanger"



Effectiveness of a two shell pass heat exchanger with four, eight, twelve, etc. tube passes. (From Kays and London.)